



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

ANALISIS PENGARUH WAKTU PENCELUPAN TERHADAP KETEBALAN, KEKERASAN, DAN KETAHANAN KOROSI HASIL ELEKTROPLATING NIKEL, HARD CHROM PADA BAJA AISI 4340

MOHAMMAD ADNAN RACHMADI
NRP. 02511440000116

Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng., ph.D
Haniffudin Nurdiansah S.T., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - TL 141584

**ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU
PENCELUPAN TERHADAP KETEBALAN
KEKERASAN DAN KETAHANAN KOROSI HASIL
ELEKTROPLATING NIKEL HARD KROM PADA
BAJA AISI 4340**

**Mohammad Adnan Rachmadi
NRP. 02511440000116**

**Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng., Ph.D
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

(HalamanIniSengajaDikosongkan)



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TL 141584

**ANALYSIS OF EFFECT OF TIME VARIATION OF
IMMERSE TO THICKNESS OF COATING
SURFACE, HARDNESS AND ENDURANCE OF
CORROSION RESULT OF ELECTROPLATING
NICKEL HARD CHROME FOR STEEL AISI 4340**

MOHAMMAD ADNAN RACHMADI
NRP. 02511440000116

ADVISORS

Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng.,Ph.D
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.

Department of Material Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of SepuluhNopember
Surabaya
2018

(HalamanIniSengajaDikosongkan)

**ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU PENCELUPAN
TERHADAP KETEBALAN KEKERASAN DAN
KETAHANAN KOROSI HASIL ELEKTROPLATING
NIKEL HARD KROM PADA BAJA AISI 4340**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Mohammad Adnan Rachmadi

Nrp. 02511440000116

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Lukman Noerochim (Pembimbing I)
2. Haniffudin Nurdiana (Pembimbing II)



**ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU PENCELUPAN
TERHADAP KETEBALAN KEKERASAN DAN
KETAHANAN KOROSI HASIL ELEKTROPLATING
NIKEL HARD KROM PADA BAJA AISI 4340**

Nama : Mohammad Adnan Rachmadi
NRP : 02511440000116
Departemen : Teknik Material

Dosen Pembimbing: Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng., Ph.D
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam suatu industri manufaktur, terkadang diperlukan logam yang memiliki gabungan sifat dari beberapa jenis logam. Misalnya logam yang memiliki kekerasan yang tinggi tetapi juga tahan terhadap korosi. Salah satu metode yang dapat digunakan dengan menggunakan metode elektroplating hard krom, selain dapat melindungi permukaan baja, juga dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan sifat ketahanan korosi. Sebelum melakukan pelapisan pada hard krom dilakukan terlebih dahulu menggunakan pelapisan dasar dengan menggunakan nikel. Langkah pertama yang dilakukan metode elektroplating adalah dengan mempersiapkan spesimen dalam hal ini menggunakan baja AISI 4340, kemudian melakukan pemotongan, selanjutnya melakukan pengamplasan spesimen dengan grade 120-500 setelah itu dilakukan proses *degreasing* dengan menggunakan larutan basa NaOH 35 gram, pada proses ini benda kerja dicelupkan dalam larutan selama ± 5 menit dengan temperatur 60° C kemudian dilakukan pembilasan dengan menggunakan aquades pada temperatur kamar, selanjutnya dilakukan proses pickling,

laturan ini menggunakan larutan asam yaitu HCl menggunakan dilakukan pada temperatur 50 °C selama 10-15 detik kemudian dilakukan pembilasan dengan aquades dengan cara mencelupkan benda kerja pada temperatur kamar. Kemudian dilakukan elektroplating lapisan dasar dengan menggunakan Nikel yaitu dengan menggunakan larutan *Watt's Bath*. Larutan ini terdiri dari 250 g/l NiSO₄, 50 g/l NiCl dan 40g/l *Boric Acid* (H₃BO₃). Proses ini dilakukan pada rentang rapat arus 1 A/dm² dan pada rentang temperatur 50 °C. Pelapisan *hard chromium* merupakan tahap pelapisan terakhir. Dimana pada proses pelapisan ini akan diberlakukan kuat arus 1 Ampere yang mana jenis larutan yang digunakan adalah larutan *Chromic Sulfate*, yang terdiri dari 250g/l asam kromat (CrO₃) dan 2,5 g/l asam sulfat. Proses pelapisan ini dilakukan pada kisaran temperatur 50°C dan waktu pencelupan divariasikan selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit. Pada proses elektroplating hard krom yang menggunakan lapisan dasar nikel didapat kesimpulan bahwa Ketebalan tertinggi berada pada variasi waktu waktu 20 menit 19, Nilai kekerasan tertinggi juga terjadi pada variasi waktu 20 menit 526 HVN variasi waktu 20 menit corrosion ratenya terendah 0,040 mm/a,

Kata kunci: *Elektroplating, Baja AISI 4340, Elektroplating Nikel, Elektroplating Hard krom*

**ANALYSIS OF EFFECT OF TIME VARIATION OF
IMMERSE TO THICKNESS OF COATING SURFACE,
HARDNESS AND ENDURANCE OF CORROSION
RESULT OF ELECTROPLATING NICKEL HARD
CHROME FOR STEEL AISI 4340**

Nama : Mohammad Adnan Rachmadi
NRP : 02511440000116
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing: Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng., Ph.D
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.

ABSTRACT

In a manufacturing industry, sometimes metal is required which has a combination of properties of some metals. For example a metal that has a high hardness but also resistant to corrosion. One method that can be used by using chrome hard electroplating methods, in addition to protecting the steel surface, can also increase the surface hardness and corrosion resistance properties. Prior to coating on hard chrome is done first using a base coating using nickel. The first step of the electroplating method is to prepare specimens in this case using AISI 4340 steel, then do the cutting, then do the sanding of the specimen with grade 120-500 after that done degreasing process by using alkaline solution NaOH 35 gram, in this process work object dipped in solution for ± 5 minutes with temperature 60o C then rinsing by using aquades at room temperature, then do the pickling process, this regulation using acid solution that is HCl use done at temperature 50 oC for 10-15 second then done by rinsing with aquades dipping workpiece at room temperature. Then performed electroplating base layer using Nickel that is by using Watt's Bath solution. This solution consists of 250 g / l NiSO₄, 50 g / l NiCl and 40g / l of Boric Acid (H₃BO₃). This process is carried out at the current density range of 1 A / dm² and in the 50 oC

temperature range. Hard chromium coating is the final coating stage. Where in this coating process will be applied strong 1 Ampere current which type of solution used is Chromic Sulfate solution, which consists of 250g / l of chromic acid (CrO_3) and 2.5 g / l of sulfuric acid. This coating process is carried out at a temperature range of 50oC and the dipping time is varied for 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes. In the process of electroplating hard chromium using nickel base found that the highest thickness is in the time variation of time 20 minutes 19, The highest hardness value also occurs in the time variation 20 minutes 526 HVN time variation 20 minutes corrosion lowest rate 0.040 mm / a

Keyword: *Elektroplating, Elektroplating Nickel, Elektroplating Hard Chrome , Elektroplating nikel hard chrome,Steel AISI 4340*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom Pada Baja AISI 4340”**. Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi Salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya :

1. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah menjadi sumber motivasi dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materiil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
3. Lukman Noerochim S.T., M.Sc.Eng.,Ph.D telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
4. Haniffudin Nurdiansah, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir yang telah membimbing, banyak membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.

5. Mas Irfan P. Hidayat, ST.,M.Sc., Ph.D.selaku dosen wali yang telah membantu penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang selalu mendukung mahasiswa untuk menuntut ilmu dengan memberikan pengajaran dan fasilitas terbaik.
7. Kevin bimariga selaku teman seperjuangan pada topic tugas akhir ini
8. Teman-teman Laboratorium Manufaktur dan korosi yangtelah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini
9. Teman-teman grup receh yang selalu memberikan nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Keluarga MT 16 yang penulis sayangi, yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
11. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2018
Penulis,

Mohammad Adnan Rachmadi
02511440000116

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Elektroplating	5
2.2 Faktor yang mempengaruhi <i>elektroplating</i>	7
2.3 Prinsip kerja <i>Elektroplating</i>	9
2.4 Pelapis pada <i>elektroplating</i>	
2.5 Masa Endapan Katoda.....	16
2.6 <i>Baja</i>	16
2.7 Baja AISI 4340.....	18
2.8 penelitian sebelumnya	18
BAB III METODOLOGI	
3.1 Bahan.....	21
3.2 Alat	21
3.3 Diagram Alir.....	23
3.4 Pengujian.....	24
3.4.1 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy</i> <i>Dispersive X-ray (EDX)</i>	25
3.4.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	25
3.4.3 <i>Pengujian tafel</i>	26
3.4.4 Pengujian Mikro Hardness	28
BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA	
4.1 Analisa Unsur.....	29

4.2 AnalisaKomposisi	30
4.3 Analisa morfologi	31
4.3.1 AnalisaMorfolofiPermukaan.....	33
4.3.2 AnalisaKetabalan coating.....	34
4.4 Analisa Kekerasan.....	35
4.5 Analisa laju korosi	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	40
DAFTARPUSTAKA	xviii
LAMPIRAN.....	xxii
BIODATA PENULIS.....	xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja elektroplating	5
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Larutan Aquades	25
Gambar 3.3 Baja AISI 4340	25
Gambar 3.4 Larutan CrO_3	26
Gambar 3.5 Larutan NiCl_2 dan NiSO_4	26
Gambar 3.6 Larutan H_2SO_4	27
Gambar 3.7 Larutan HCl	27
Gambar 3.8 Anoda Nikel.....	28
Gambar 3.9 Anoda Timbal.....	28
Gambar 3.10 Larutan NaOH	29
Gambar 3.11 Beaker Glass.....	30
Gambar 3.12 Rectifier.....	30
Gambar 3.13 Spatula.....	31
Gambar 3.14 Metode Larutan Nikel.....	32
Gambar 3.15 Metode Larutan Hard Krom.....	33
Gambar 3.16 Pengujian XRD.....	33
Gambar 3.17 Pengujian SEM&EDX.....	34
Gambar 3.18 Pengujian Tafel.....	35
Gambar 3.19 Pengujian Mikrohardness.....	37
Gambar4.1 Grafik XRD.....	38
Gambar4.2 Grafik XRD Fe dan Cr.....	39
Gambar4.3 Morfologi variasi waktu pencelupan.....	42
Gambar 4.4 Ketebalan Coating variasi waktu pencelupan	44
Gambar 4.5 Grafik Mikrohardness	46
Gambar 4.6 Grafik Kurva Tafel.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 komposisi dan operasi nikel strike dan watts	5
Tabel 2.2 komposisi dan operasi chromic acid.....	24
Tabel 2.3 ASTM A 29 komposisi kimi baja AISI 4340	25
Tabel 4.1 AlatPengujian XRD	26
Gambar 3.4 AlatPengujian Mikro Hardness	28
Gambar4.1 Grafik Komposisi EDX.....	29



BAB 1

PENDAHULUAN

Baja merupakan logam yang banyak digunakan pada masyarakat maupun pada sektor industri. Dalam suatu industri manufaktur, terkadang diperlukan logam yang memiliki gabungan sifat dari beberapa jenis logam. Misalnya logam yang memiliki kekerasan yang tinggi juga tahan terhadap korosi. Dalam meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap korosi salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode elektroplating. Elektroplating adalah suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis, terjadinya pengendapan ini disebabkan oleh adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit. Pada elektroplating banyak sekali jenis-jenis yang dapat digunakan, salah satu elektroplating yang dapat meningkatkan sifat kekerasan dan ketahanan korosi ialah elektroplating hard krom. Elektroplating hard krom adalah proses pelapisan krom dimana krom diendapkan secara langsung pada logam dasar atau tanpa menggunakan lapisan dasar (*strike*), elektroplating hard krom ini juga banyak digunakan pada komponen-komponen kendaraan otomotif, komponen mesin tekstil, dan sebagainya. Pada penggunaan lapisan dasar ini digunakan lapisan dasar nikel yang digunakan sebagai memproteksi substrat dari larutan asam yang dapat menyebabkan terjadinya korosi, pada proses elektroplating nikel proses ini terjadi dikarenakan adanya perpindahan ion-ion nikel dari anoda ke katoda dengan larutan elektrolit sebagai medianya dan dilakukan proses elektrolitik dengan mengalirkan arus listrik dengan menggunakan arus searah, selain untuk menguraikan ion nikel, juga dimanfaatkan untuk pelepasan ion hidrogen yang ada didalam larutan sewaktu proses reduksi oksidasi berlangsung. Kemudian dilakukan proses pelapisan hard krom, Dalam pelapisan hard krom sama halnya seperti pelapisan nikel yaitu



terjadi pengendapan Cr dari anoda menuju katodanya dengan larutan CrO_3 dan H_2SO_4 , sebelum dilakukan proses elektroplating dilakukan terlebih dahulu proses *degreasing* dengan cara mencelupkan benda kerja kedalam larutan NaOH. Baja AISI 4340 dan proses *pickling* dengan menggunakan larutan HCl. Pada Baja AISI 4340 disebut juga sebagai baja nikel chrom molybdenum ini berdasarkan seri penamaannya. Jadi dengan komposisi kimia tersebut baja AISI 4340 ini mempunyai kekuatan yang tinggi keuletan yang cukup baik serta hardenability yang cukup baik, Baja AISI 4340 merupakan baja konstruksi yang sering digunakan untuk bahan baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan, komponen pesawat terbang, juga digunakan pada screw extruder. a Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil pelapisan kromium diantaranya adalah temperatur, konsentrasi larutan tegangan, rapat arus dan waktu perendaman. Pada variasi analisa ini menggunakan variasi waktu perendaman pada 5, 10, 15 dan 20 menit. Maka untuk mendapatkan ketebalan kekerasan, ketahanan korosi yang paling baik, dilakukan analisa lebih lanjut lagi agar nantinya proses pelapisan hard krom yang diterapkan baja tipe AISI 4340 didapatkan hasil yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu ;

1. Bagaimana pengaruh waktu pencelupan terhadap ketebalan permukaan, kekerasan, dan ketahanan korosi hasil elektroplating hard krom pada baja AISI 4340?
2. Bagaimana mekanisme proses waktu pencelupan pada proses elektroplating hard krom pada baja AISI 4340?



1.3 Batasan Masalah

1. Temperatur larutan diasumsikan tetap
2. Kosentrasi larutan elektrolit diasumsikan tetap
3. Hasil lapisan diasumsikan homogen pada setiap permukaan spesimen hasil elektroplating

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh waktu pencelupan terhadap ketebalan hasil lapisan elektroplating Nikel Hard Krom
2. Menganalisis pengaruh waktu pencelupan terhadap kekerasan permukaan hasil elektroplating Nikel Hard Krom
3. Menganalisis pengaruh waktu perendaman terhadap ketahanan korosi hasil elektroplating Nikel Hard Krom
4. Menganalisis pengaruh mekanisme waktu pencelepuan pada proses elektroplating Nikel Hard Krom

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat yang luas terhadap institusi pendidikan maupun sektor industri. Penelitian ini diharapkan mampu menemukan pengaruh waktu perendaman yang optimal dalam proses elektroplating nikel hard krom



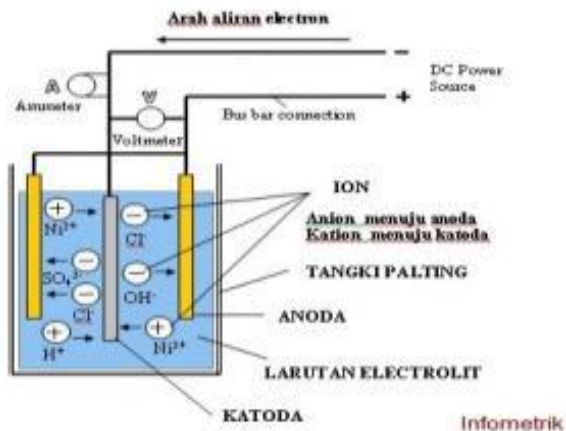
Halaman sengaja dikosongkan



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Electroplating

Electroplating adalah suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda dengan cara elektrolisis. Terjadinya endapan pada proses ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit, selama proses pengendapan ini berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit, baik reaksi reduksi maupun reaksi oksidasi. Reaksi kimia ini diharapkan berlangsung secara terus menerus dan menuju arah tertentu secara tetap, oleh karena itu diperlukan arus listrik yang searah (*direct current*).



Gambar 2.1. Prinsip kerja electroplating (Malau,2012)

2.1.2 Proses Perlakuan Awal (*Pre treatment*)

Sebelum dilakukan pelapisan, permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi yang benar-benar bersih, bebas dari berbagai macam pengotor agar pada proses electroplating didapatkan lapisan yang baik. Pada proses *pre treatment* ini dilakukan dengan 2 cara yaitu :



a. Degreasing,

Merupakan proses pembersihan cuci lemak bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari pengotor lemak, minyak atau pengotor lainnya. Pembersihan secara celup dilakukan dengan merendamkan benda kerja kedalam larutan basa (NaOH 35 gram, pada proses ini benda kerja dicelupkan dalam larutan selama ± 5 menit dengan temperatur 60°C sampai 70°C kemudian dilakukan pembilasan untuk menetralkan sisa larutan yang menempel pada permukaan, Pada proses ini benda kerja dicelupkan pada air murni (*aquades*) pada temperatur kamar

b. Pickling

Merupakan pencucian asam bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimia melalui pencelupan, larutan asam ini terbuat dari pencampuran air bersih (*aquades*) dengan asam, berupa pembersihan dengan asam klorida (HCl). Pada penggunaannya larutan asam klorida menghasilkan keseragaman yang rata, mudah dibilas dan terjadinya *over pickling* lebih kecil serta lebih aman, daya lekat (adhesi) tinggi. Penggunaannya dilakukan pada temperature 20 sampai 50°C waktu pembersihan nya 10-15 detik. Kemudian dilakukan pembilasan untuk menetralkan sisa larutan yang menempel pada permukaan setelah dilakukan proses pickling asam. Pada proses ini benda kerja dicelupkan pada air murni (*aquades*) pada temperatur kamar (Suarsana, 2008)

2.1.3 Proses Pengerjaan Akhir (Post Treatment)

Benda kerja yang telah dilakukan proses elektroplating, biasanya dibilas dan kemudian dikeringkan dengan media udara



2.2 Faktor yang mempengaruhi proses elektroplating

Setelah benda kerja bebas dari pengotor, maka benda kerja dapat dilakukan proses elektroplating. Dalam proses elektroplating terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan berhasil tidaknya proses elektroplating serta optimal atau tidaknya lapisan yang dihasilkan. Hal yang harus diperhatikan tersebut adalah:

1. Rapat Arus (*Current Density*)

Rapat arus adalah bilangan yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir per luas unit elektroda. Pada proses elektroplating rapat arus yang diperhitungkan adalah rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas benda yang akan dilapisi. Semakin tinggi rapat arus, semakin cepat proses pelapisan yang akan terjadi namun apabila rapat arus terlalu tinggi maka dapat menimbulkan lapisan kasar, bersisik dan akan terbakar/hitam. Definisi rapat arus adalah besar arus tiap jumlah luas permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Atau dituliskan dalam bentuk persamaan

$$CD = \frac{I}{A} (A/dm^2) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

CD = Rapat arus (A/dm^2)

I = Arus yang dialirkan (A)

A = luas permukaan katoda (dm^2)

Rapat arus yang tinggi akan mempercepat laju pembentukan deposit logam pelapis ke logam yang dilapisi dan rapat arus yang rendah akan memperlambat waktu pembentukan deposit, waktu pembentukan deposit yang lambat akan memberikan kesempatan butir untuk tumbuh (*growth nuclei*) daripada untuk munculnya



butir baru (*fresh nuclei*) apabila pembentukan butir lebih lambat dari butir tumbuh maka logam deposit berbutir kasar dan permukaannya kasar, waktu pembentukan deposit yang lebih cepat menyebabkan butir-butir baru daripada butir tumbuh. Apabila pembentukan butir baru lebih cepat dari butir tumbuh maka logam deposit akan berbutir kecil dan permukaannya halus. Bertambahnya rapat arus menyebabkan laju deposisi menjadi tinggi, tapi besar rapat arus harus dibatasi, karena arus listrik dalam proses elektroplating tidak hanya digunakan untuk pembentukan lapisan logam saja, tetapi juga dipakai untuk pembentukan gas hidrogen yang berpengaruh pada porositas dan perubahan orientasi kristal logam pelapis). lebih cepat menyebabkan butir-butir baru daripada butir tumbuh. Apabila pembentukan butir baru lebih cepat dari butir tumbuh maka logam deposit akan berbutir kecil dan permukaannya halus Bertambahnya rapat arus menyebabkan laju deposisi menjadi tinggi, tapi besar rapat arus harus dibatasi, karena arus listrik dalam proses elektroplating tidak hanya digunakan untuk pembentukan lapisan logam saja, tetapi juga dipakai untuk pembentukan gas hidrogen yang berpengaruh pada porositas dan perubahan orientasi Kristal logam pelapis (Wahyono, 1996)

2.Temperatur

Temperatur larutan dapat mempengaruhi hasil lapisan. Pada temperatur tinggi, daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan yang menjadikan tingginya konduktivitas serta menambah mobilitas ion logam, tetapi viskositas menjadi berkurang sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya. Akan tetapi setiap jenis proses elektroplating memiliki rentang temperatur optimum, di mana jika temperatur proses berada di atas temperatur maksimum menyebabkan endapan terbakar dan terjadi kerusakan



3. Jarak Anoda-Katoda

Jarak anoda-katoda menentukan besarnya hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keseragaman tebal lapisan. Besarnya hantaran berbanding terbalik dengan jarak. Apabila jarak anoda-katoda kecil, maka hambatan menjadi kecil dan konduktivitas besar sehingga untuk menghasilkan arus yang sama diperlukan tegangan yang lebih rendah

4. Waktu Pelapisan

Waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang lapis. Kenaikan waktu pelapisan akan memperbanyak pengendapan sehingga akan mempengaruhi morfologi, dan ketebalan

2.3 Prinsip Kerja Elektroplating

Pada prinsipnya , pelapisan logam dengan listrik merupakan rangkain dari arus listrik , elektroda (anoda dan katoda) , larutan elektrolit , dan benda kerja yang ditempatkan sebagai katoda. Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa hingga membentuk suatu rangkaian sistem pelapisan listrik dengan rangkaian sebagai berikut :

1. Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik.
2. katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik.
3. Anoda dan Katod direndamkan dalam larutan elektrolit

Apabila arus listrik searah dialirkan antara kedua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah kearah anoda. Ion-ion tersebut dinetralsir oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada



katoda. Hasil yang terbentuk merupakan lapisan logam dan gas hidrogen

2.3.1 Larutan elektrolit pelapisan

Telah diuraikan sebelumnya bahwa suatu proses elektroplating menggunakan aliran listrik membutuhkan larutan elektrolit yang berperan sebagai media (tempat) pemrosesan tersebut berlangsung. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam, basa, dan garam yang dapat membentuk ion-ion positif. Tiap jenis pelapisan, larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan. Bila konsentrasi larutan tidak mencukupi untuk diendapkan, akan terjadi endapan/lapisan yang terbakar. Larutan elektrolit harus mempunyai sifat seperti *covering power*, *throwing power* dan *leveling* yang baik. Larutan elektrolit bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat lapisan tertentu. Sifat-sifat tersebut antara lain tampak rupa (*appearance*), kegetasan lapisan (*brittleness*), keuletan (*ductility*), kekerasan (*hardness*) dan struktur mikro lapisan yang terjadi (*microstructure*). Untuk mengatur pH, ditambah/dimasukkan unsur yang berfungsi sebagai penyangga (*buffer*), pada larutan nikel digunakan asam borat dan sodium hidroksida pada larutan yang bersifat basa. Untuk memperbaiki konduktivitas dan mencegah leberasi dari asam *hydrocyonad* oleh karbon dioksida yang masuk kedalam larutan dari udara digunakan pada larutan yang bersifat basa yaitu natrium hidroksida dan kalsium hidroksida

2.3.2 Anoda

Peranan anoda sangat penting dalam menghasilkan kualitas apisan. Pengaruh kemurnian ataupun pada kebersihan anoda terhadap elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu dipikirkan ataupun diperhatikan. Efisiensi anoda akan turun atau berkurang akibat adanya logam pengotor (*metallic impurities*) dan kekasaran butiran yang terdapat



dalam larutan. Pengotor dalam anoda juga dapat menyebabkan passivasi pada anoda dan mengurangi efisiensi pada anoda secara drastis. Bentuk-bentuk pada anoda terdiri berbagai macam bentuk ada yang berbentuk bulat, balok, pellet, lempengan, dan kubus. Dalam menggunakan anoda sesuaikan pada bentuk benda yang akan dilapisi, jarak dan luas permukaan anoda diatur sedemikian rupa. Adanya arus listrik yang mengalir melalui larutan elektrolit diantara kedua elektroda, maka anoda akan melepaskan ion logam dan oksigen(reduksi), ion logam dan gas hidrogen diendapkan pada elektroda katoda. ini dikenal sebagai pelapisan dengan anoda terlarut (*soluble anode*).

2.3.3 Katoda

Katoda adalah elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Pada proses elektroplating, katoda dapat diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi. Katoda bertindak sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke kutub negatif dari arus listrik.

2.4 Pelapis pada elektroplating

Pada elektroplating bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai pelapis diantaranya adalah

2.4.1. Nikel

Nikel memiliki kekuatan dan kekerasan sedang, dengan keuletan yang baik serta daya hantar listrik dan termal yang baik. Pada elektroplating, nikel biasanya digunakan sebagai katalis. Nikel merupakan pelapis logam yang sangat peka responnya terhadap aditif-aditif bak *plating* (Hartono, 1992). Nikel merupakan logam yang banyak digunakan dalam industri pelapisan logam. Nikel mempunyai sifat tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan dan kekerasan yang cukup baik, serta



memiliki dayahantar listrik yang baik. Pada proses pelapisan nikel dengan listrik. Pada proses pelapisan nikel dengan listrik, arus searah yang digunakan selain untuk menguraikan ion nikel, juga dimanfaatkan untuk pelepasan ion hidrogen yang ada didalam larutan sewaktu proses reduksi oksida berlangsung. Dalam keadaan normal, efisiensi penguraian ion nikel mencapai satu persen, tetapi bila ph tinggi akan terjadi pelepasan ion hidroksil, sehingga kelarutan nikel dan oksigen akan terikat pada anoda nikel dan anoda nikel pasif, untuk itu kondisi operasi pelapisan harus benar-benar terkontrol. Hasil lapisan ini tergantung pada aspek seperti pH, rapat arus, temperatur, dan pengadukan/agitasi. Larutan *watt's* merupakan larutan standar untuk pelapisan nikel. Nikel sulfat dijadikan sumber utama ion nikel untuk diendapkan, karena garam nikel mudah larut dalam air, mudah didapat dan tidak menghasilkan ion kompleks, dan murah. Dalam larutan nikel aktivitas ion ion nikel-nikel tergantung pada konsentrasi unsur lain yang terdapat didalam larutan. Ion-ion *chloride* berfungsi mempercepat pengkorosian anoda nikel dan meningkatkan koefisien difusi ion-ion nikel, sehingga dapan memudahkan pengendapan nikel. Asam boric (*boric acid*) digunakan sebagai pengatur/penyangga (*buffer*) yaitu untuk menjaga agar derajat keasamaan pH larutan tetap pada nilai empat, karena pada proses pelapisan nikel sangat baik dilakukan pada $pH = 4-5,2$.



Tabel 2.1 Komposisi dan kondisi operasi larutan *nickel strike* dan *watt's* (Saleh, 2014)

Bahan Dan Kondisi Operasi	Konsentrasi Larutan (g/L)
	Watt Bath
Bahan :	
Nikel Sulfat (NiSO_4)	220-380
Nickel Chlorid (NiCl)	30-60
Kondisi Operasi :	
-Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	45-65

Pada proses pelapisan nikel dengan listrik, arus searah yang digunakan selain untuk menguraikan ion nikel juga, dimanfaatkan untuk pelepasan ion hidrogen yang ada didalam larutan sewaktu proses reduksi oksidasi berlangsung. Dalam keadaan normal, efisiensi penguraian ion nikel mencapai seratus persen tetapi bila pH tinggi akan terjadi pelepasan hidroksil, sehingga kelarutan nikel dan oksigen akan terikat pada anoda nikel dan anoda nikel menjadi pasif, untuk itu kondisi operasi pelapisan harus terkontrol. Kondisi operasi pelapisan mempengaruhi kondisi fisik lapisan, karena baik buruknya hasil lapisan bergantung pada aspek kondisi seperti pH, rapat arus, temperature, dan pengadukan/agitasi. Hubungan antara distribusi logam (ion-ion pelapisan) dengan variable-variabel konduktivitas larutan, polarisasi dan efisiensi katoda geometri serta temperature sangat mempengaruhi hasil lapisan cacat (Saleh, 2014)

2.4.2. Krom

Krom (chromium) adalah logam non fero, mempunyai sifat yang sangat menonjol dan dapat dimanfaatkan yaitu mudah



teroksidasi membentuk lapisan krom oksidasi bersifat kaku, tahan korosi, tidak larut dalam asam nitrat, dari sifat-sifat tersebut, maka krom banyak digunakan sebagai bahan paduan logam besi dalam usaha untuk peningkatan ketahanan korosi, kekuatan, serta sebagai bahan pelapisan. Pada pelapisan krom, ion-ion krom yang disuplai sebagai pelapis hanya yang berasal dari ion-ion yang berada dalam larutan, tidak dari anoda, karena anoda pada proses pelapisan krom bersifat tidak larut (unsoluble anode). Hal ini dikarenakan tidak adanya krom yang berbentuk padatan murni dan anoda harus tahan korosi terhadap larutan krom yang korosif. Pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah proses pelapisan adalah proses pelapisan krom dimana krom diendapkan secara langsung pada logam dasar atau tanpa menggunakan logam dasar. Pelapisan hard krom dilakukan karena memanfaatkan sifat-sifat krom dalam rangka mendapatkan keuntungan terutama terhadap sifat tahan panas, korosi, erosi, dan koefisien gesek rendah oleh karenanya pelapisan krom banyak digunakan untuk pelapisan pada produk-produk engineering seperti komponen-komponen kendaraan bermotor, komponen mesin tekstil, dan sebagainya

Tabel 2.2 komposisi dan kondisi operasi larutan *Chromic sulfat* (Saleh, 2014)

Bahan dan kondisi Operasi	Konsentrasi larutan (g/L)
	Chromic Sulfat
Chromic Acid (CrO_3)	250-400
Asam Sulfat (H_2SO_4)	2,5-4
Kondisi Operasi	
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	50-55



Pada pelapisan hard krom hal yang harus diperhatikan ialah perbedaan pada temperatur larutan dan benda kerja. Temperatur benda kerja sewaktu akan dilapisi sebaiknya sama pada temperatur permukaan benda kerja, bila tidak akan terbentuk gas hidrogen pada permukaan benda kerja yang mengakibatkan cacat *hydrogen embrittlement* (kerapuhan hidrogen). Pada proses pelapisan chrom , rapat arus, temperature ,pH larutan sangat menentukan kecepatan lapisan, makin tinggi rapat arus makin tinggi pula kecepatan lapisan, tetapi tidak boleh terlalu tinggi karena akan menyebabkan lapisan terbakar. Pada temperatur larutan , makin rendah temperatur larutan, maka makin rendah kecepatan pelapisan, sebaliknya makin tinggi temperatur larutan, makin tinggi kecepatan pelapisan dan lapisan akan mengilap. Pada derajat keasaman (pH) larutan hard krom sangat tinggi tergantung konsentrasi *chromic acid*, makin tinggi konsentrasi *chromic acid*, makin tinggi pula Ph-nya. Namun pada pelapisan hard chrome adesinya rendah sehingga harus melalui lapisan dasar seperti tembaga dan nikel.(Saleh, 2014)

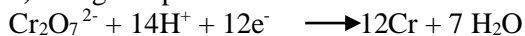
Reaksi pada pelapisan krom keras

Mekanisme pengendapan ion pada pelapisan hard krom dengan *elektroplating* cukup kompleks.

Ion kromat (CrO_3) merupakan sumber ion Cr yang akan mengendap dan membentuk lapisan pada permukaan katoda (benda yang akan dilapis). Asam kromat dalam air cenderung akan membentuk asam dikromat (*dichromic acid*, $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Asam dikromat berwujud Cr_2O_7 dalam larutan elektrolit dan selanjutnya akan mengendap untuk membentuk lapisan permukaan katoda

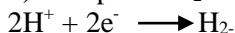
Ada 3 reaksi secara simultan pada katoda yaitu :

1). Pengendapan Cr :

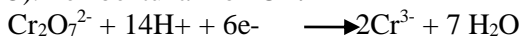




2). Pelepasan H_2 :



3). Pembentukan ion Cr :



Ada 3 reaksi secara simultan pada anoda yaitu:

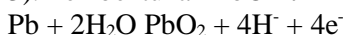
1). Pelepasan O_2 :



2). Oksidasi ion Cr :



3). Pembentukan PbO_2 :



Krom tidak dapat berfungsi sebagai anoda dengan baik karena dapat dengan mudah larut di dalam larutan asam kromat. Maka sebagai pengganti digunakan anoda timah hitam (Pb) yang bersifat tidak mudah larut dalam larutan asam kromat

2.5. Massa Endapan pada Katoda

Banyak logam yang mengendap membentuk lapisan atau deposit pada katoda dinyatakan dalam hukum Faraday I, yaitu massa endapan (W) sebanding dengan kuat arus (I) dan waktu plating (t). Hukum Faraday II menyatakan bahwa massa endapan tergantung dari jenis logam yang dinyatakan sebagai berat ekuivalen. Pernyataan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{I \times t \times A}{z \times F} \text{ (gr)} \dots\dots\dots (2.2)$$



2.6 Baja

Baja adalah paduan yang banyak digunakan oleh berbagai pihak baik itu keperluan rumah tangga keperluan industri dan masih banyak lain nya, baja juga digunakan karna jenis maupun bentuknya yang sangat banyak, oleh karnanya baja juga banyak diklasifikasikan oleh berbagai pihak. Salah satunya adalah klasifikasi berdasarkan komposisi kimia nya atau struktur mikronya. Menurut komposisi kimianya baja terbagi menjadi dua kelompok yaitu Baja karbon dan baja paduan. Baja dengan kadar mangan kurang dari 0,8% , silikon kurang dari 0,5% dan unsur-unsur lain yang sedikit dianggap sebagai baja karbon. Pada baja karbon terdiri dari 3 kelompok yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*Low carbon steel mild steel*)

Pengelompokan pada baja karbon ini didasarkan pada kadar karbonnya, pada baja karbon rendah kadar karbon sampai 0,30%. Pada sifat baja karbon rendah ini kekuataannya relatif rendah, keuletan tinggi, serta mudah untuk dibentuk dan dimachining. Pada baja karbon rendah ini juga terdapat kelompok lagi yang pada karbon nya sangat rendah, pada baja karbon rendah kadar karbon kurang dari 0,15% sebagai *Dead Mild Steel* yang biasanya digunakan pada baja lembaran, besi beton, besi strip, dan lain lainnya. Baja karbon rendah ini pemakaiannya sangat luas, digunakan pada baja konstruksi, baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton dan lainnya

2. Baja Karbon Menengah (*Medium carbon steel*)

Pada baja karbon menengah ini juga didasarkan pada kadar karbonnya. Pada baja karbon menengah kadar karbonnya 0,30% sampai 0,70%. Sifat pada baja karbon menengah ini lebih kuat dan keras apabila dibandingkan terhadap baja karbon rendah namun tidak cukup kuat dan keras apabila dibandingkan pada baja karbon tinggi serta getas apabila dibandingkan terhadap baja



karbon rendah, kekuatan dan ketangguhannya baik. Pada baja karbon menengah ini digunakan pada konstruksi mesin, seperti poros, poros engkol, roda gigi, pegas, dan lainnya

3. Baja Karbon tinggi (*High carbon steel*)

Baja karbon tinggi kadar karbonnya lebih dari 0,70% lebih kuat dan lebih keras namun keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja karbon tinggi ini banyak digunakan pada konstruksi mesin yang memerlukan kekuatan yang tinggi, seperti gunting, mata bor, tap dan perkakas lainnya

Kemudian pada pengelompokan baja paduan ini terdiri dari 2 kelompok baja paduan yaitu pada

1. Baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Ini dikelompokkan berdasarkan pada unsur paduannya, pada baja paduan rendah unsur paduannya kurang dari 10%, mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi terhadap baja karbon dengan kadar karbon yang sama serta memiliki keuletan yang lebih tinggi terhadap baja karbon yang unsur karbonnya yang sama, hardenability dan sifat tahan korosinya baik pada baja paduan rendah ini banyak digunakan pada baja konstruksi mesin

2. Baja paduan tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi ini mempunyai sifat khusus seperti baja tahan karat (*Stainless Steel*), baja perkakas (*Tool steel* misalnya *High Speed Steel*), Baja tahan panas (*Heat Resisting Steel*) dan lainnya (Suherman, 1999)



2.7 Baja AISI 4340

Baja paduan 4340 ini juga dapat disebut baja nikel chrom molybdenum ini berdasarkan seri penamaannya. Jadi dengan komposisi kimia tersebut baja AISI 4340 ini mempunyai kekuatan yang tinggi, keuletan yang cukup baik serta hardenability yang cukup baik. Baja AISI 4340 merupakan baja konstruksi yang sering digunakan untuk bahan baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, roda pendaratan (Suherman, W., 1999).

Berdasarkan komposisi kimia dari baja AISI 4340

Tabel 2.3 ASTM A 29/A 29M 03 4340 Baja Dan Equivalents
Komposisi Kimia

Unsur	Kadar (wt%)
C	0,38 – 0,43
Mn	0,60- 0,80
Si	0,15-0,35
Ni	1,65-2,00
Cr	0,70-0,90
Mo	0,20-0,30
P	0,035
S	0,040
Fe	Balance

2.9 Penelitian Sebelumnya

Tarwijiyanto (2013) menganalisa tentang Pengaruh Arus dan Waktu pelapisan Hard krom terhadap ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 dengan menggunakan *CrO3 250 gr/l* DAN *H2SO4 2,5 gr/l* pada



proses Elektroplating. pada analisa hasil penelitian bahwa semakin arus meningkat maka nilai kekerasan mikro dan ketebalan yang didapat juga meningkat. Pada analisa penelitian ini menggunakan variasi waktu dan juga variasi arus listrik, pada variasi waktu digunakan pada 30,40,50,dan 60 menit, pada variasi arus listrik digunakan pada 0.5 , 1 ,1.5 dan 2 A

1.Nilai kekerasan mikro tertinggi terjadi pada spesimen dengan kuat arus 2A dengan variasi 60 menit 455,93 VHN , spesimen dengan kuat arus 0,5 A spesimen dengan kuat arus 0,5 A dengan waktu pelapisan 30 menit yaitu sebesar 314,37 VHN.Nilai ketebalan tertinggi sebesar 4,033 μm yang terjadi pada spesimen dengan kuat arus 2 A dengan variasi waktu 50 menit dan nilai ketebalan terendah didapatkan pada spesimen yang menggunakan kuat arus 0,5 A dengan waktu pelapisan 30 menit.

2. Semakin lama waktu pencelupan maka kekerasan yang didapat juga semakin meningkat. Ketebalan lapisan mencapai nilai optimum pada waktu pelapisan 50 menit dan mengalami penurunan pada waktu pelapisan 60 menit.

3. Efisiensi katoda tertinggi berada pada pelapisan dengan menggunakan arus 2A pada penggunaan waktu 50 menit yaitu sebesar 84,49%. Malau (2009), melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi

tegangan, suhu dan lama proses pelapisan krom keras terhadap kekerasan dan laju keausan spesifik lapisan krom pada permukaan baja S45C. Pelapisan dengan krom dilakukan dalam larutan elektrolit dengan kandungan asam kromat 250 g/liter, asam sulfat 2,5 gr/liter Parameter pelapisan meliputi variasi tegangan (3, 4 ½, 6 dan 9 V), suhu (40, 45, 55 dan 60°C) dan lama pelapisan (30, 40, 50 dan 60 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan krom dapat meningkatkan kekerasan maksimum menjadi 900 VHN_{0,25}. Kekerasan dan keausan spesifik lapisan krom dipengaruhi oleh tegangan, suhu dan lama pelapisan. Lapisan krom memiliki

keausan spesifik (1,25 x 10⁻⁸ mm³/kg) lebih rendah dibandingkan dengan keausan spesifik raw material sebesar 34,9



x 106 mm²/kg. Tegangan, lama dan suhu pelapisan yang paling tepat masing-masing adalah 6 V, 50 menit dan 55 oC untuk memperoleh hasil optimum / terbaik dengan kekerasan tertinggi dan keausan spesifik terendah. 120 dan 140 A/dm², sedangkan kondisi optimum dicapai pada rapat arus 100 A/dm² yang menghasilkan kekerasan 840 VHN

salim nurdin (2011), mengadakan penelitian tentang studi pelapisan krom pengaruh waktu pencelupan 10, 20 30 40 50 dimana hasil dari penelitian tersebut adalah

1. dengan penambahan waktu celup maka akan diperoleh plating yang homogeny dan ketebalan lapisan semakin bertambah
2. pertambahan waktu pencelupan juga akan dapat meningkatkan sifat kekerasan

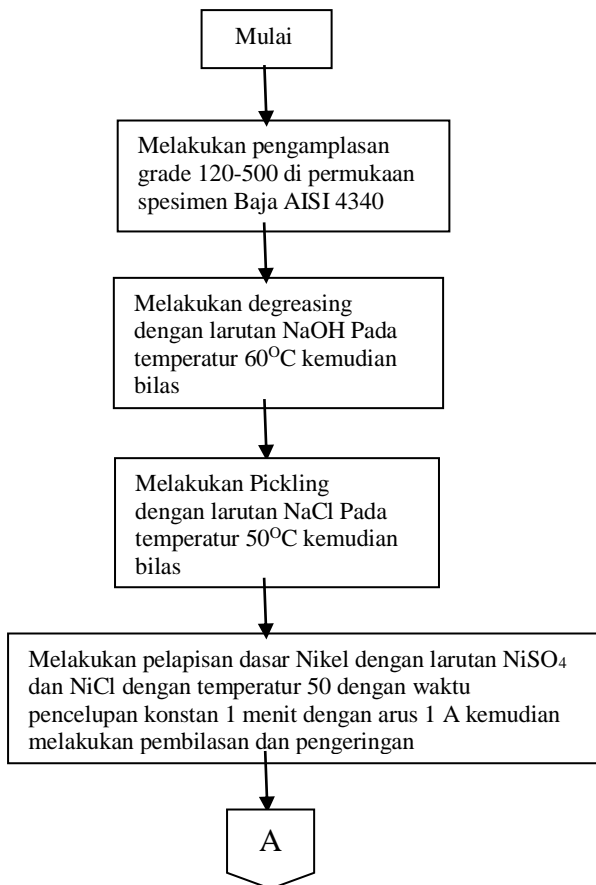


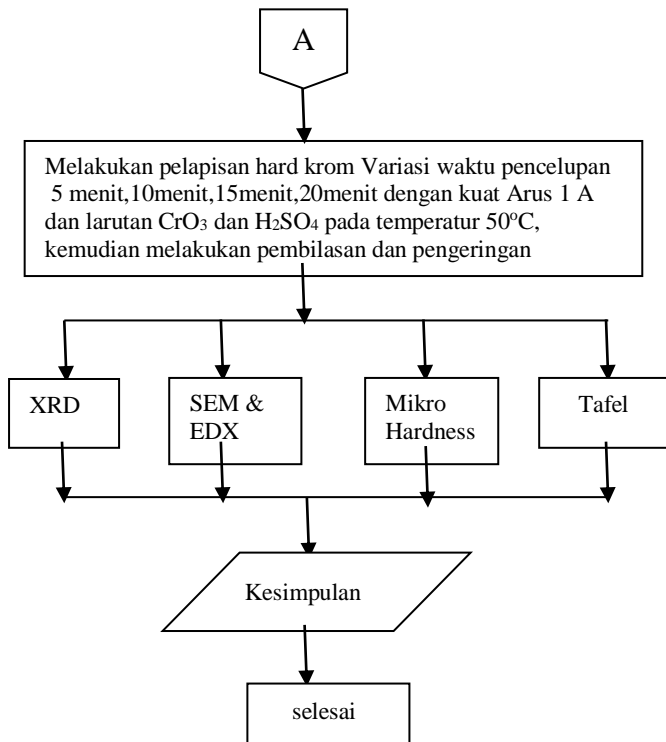
(Halaman Sengaja Dikosongkan)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir



3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aquades



Gambar 3.2 Aquades

Aquades digunakan secukupnya untuk digunakan melarutkan larutan yang berupa bubuk dan juga digunakan sebagai *rinsing* (pembilasan)

2. Baja AISI 4340



Gambar 3.3 Baja AISI 4340



Dilakukan pemotongan pada baja AISI 4340 sebanyak 30 buah untuk dilakukan trial ataupun proses penelitian

3. Larutan CrO_3



Gambar 3.4 larutan CrO_3

Larutan CrO_3 250 gram, yang akan menjadi larutan elektroplating Hard Krom

4. NiSO_4 dan NiCl_2



Gambar 3.5 larutan NiSO_4 dan NiCl_2

Larutan NiSO_4 dan NiCl_2 digunakan untuk larutan elektrolit proses elektroplating Nikel



5. H_2SO_4



Gambar 3.6 Larutan H_2SO_4

Larutn H_2SO_4 digunakan untuk dilakukan pembuatan larutan elektrolit Hard krom

6. HCl



Gambar 3.7 Larutan HCl

Larutan HCl digunakan untuk dilakukan proses pengujian Tafel dan *Pickling*



7. Anoda Nikel (Ni)



Gambar 3.8 Anoda Nikel

Anoda nikel digunakan untuk proses elektroplating Nikel

8. Anoda Timbal (Pb)



Gambar 3.9 Anoda Pb

Anoda Pb digunakan untuk melakukan proses elektroplating Hard krom



9. NaOH



Gambar 3.10 larutan NaOH

larutan NaOH digunakan untuk dilakukan proses *degreasing* sebelum dilakukan proses elektroplating

3.3 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
Digunakan

1. Beaker Glass



Gambar 3.11 Beaker Glass

Sebagai wadah untuk mencampurkan larutan



2. Rectifier



Gambar 3.12 Rectifier

Sebagai sumber arus listrik yang diperlukan dalam proses Elektroplating nikel hard krom

3. Spatula



Gambar 3.13 Spatula

4. SEM dan SEM EDX

Untuk mengetahui ketebalan dan komposisi Hasil dari elektroplating nikel hard krom beserta komposisi dan morfologinya

5. Alat Uji Kekerasan Mikrohardness Vickers

Untuk mengetahui kekerasan permukaan hasil elektroplating nikel hard krom

6. XRD (X-Ray Diffraction)

Untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari hasil proses elektroplating nikel hard krom



7. Tafel

Untuk mengetahui laju korosi dari hasil proses elektoplatting nikel hard krom

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Preparasi Permukaan Spesimen

Sebelum dilakukan proses pelapisan, permukaan spesimen harus dibersihkan dari oksida-oksida yang umumnya merupakan produk korosi dari baja karbon, yaitu dengan cara mengamplas hingga seluruh permukaan baja bebas dari karat. Setelah itu, baja akan diberlakukan proses *degreasing* yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik misalnya seperti minyak yang menempel pada permukaan baja, yaitu dengan cara mencelupkan baja dalam larutan yang terdiri dari larutan 15% NaOH 1 M dalam aquades dengan kisaran temperatur 60-80 °C selama 5-15 menit. Setelah itu spesimen dibilas dengan aquades lalu dilakukan pengeringan.

Setelah *degreasing*, spesimen akan *pickling* dengan cara mencelupkan spesimen dalam larutan 15% H₂SO₄ dengan waktu pencelupan selama 10-15 detik. Proses *pickling* pada spesimen sangat penting untuk proses pelapisan *hard chromium*, sebab akan menentukan daya lekat (adhesi) pada spesimen dan kontur lapisan (Azhar, 2014). Setelah *dipickling*, spesimen dibilas dengan aquades sebelum memasuki tahap pelapisan nikel.

3.4.2 Proses Pelapisan Nikel

Pada pelapisan nikel, jenis larutan yang digunakan adalah *Watt's Bath*. Larutan ini terdiri dari 250 g/l NiSO₄, 50 g/l NiCl dan 40g/l *Boric Acid* (H₃BO₃). Proses ini dilakukan pada rentang rapat arus 2,5-10 A/dm² dan pada rentang temperatur 45-65 °C.



Gambar 3.14 Larutan Watt's Nikel

3.4.3 Proses Pelapisan *Hard Chromium*

Pelapisan *hard chromium* merupakan tahap pelapisan terakhir. Dimana pada proses pelapisan ini akan diberlakukan kuat arus 1 Ampere yang mana akan Dimana jenis larutan yang digunakan adalah larutan *Chromic Sulfate*, yang terdiri dari 250g/l asam kromat (CrO_3) dan 2,5 g/l asam sulfat. Proses pelapisan ini dilakukan pada kisaran temperatur 50°C dan waktu pencelupan divariasikan selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit.



Gambar 3.15 Larutan Krom Trioksida



3.4 Pengujian

3.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX)

Pengujian menggunakan SEM-EDX dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument Scanning Electron Microscopy (SEM) tipe FEI INSPECT 550 dan dengan tujuan mengetahui morfologi dan topografi permukaan, unsur yang ada, dan senyawa yang terbentuk pada sampel. Ukuran sampel yang digunakan yaitu $(10 \times 15 \times 1,5) \text{ mm}^2$



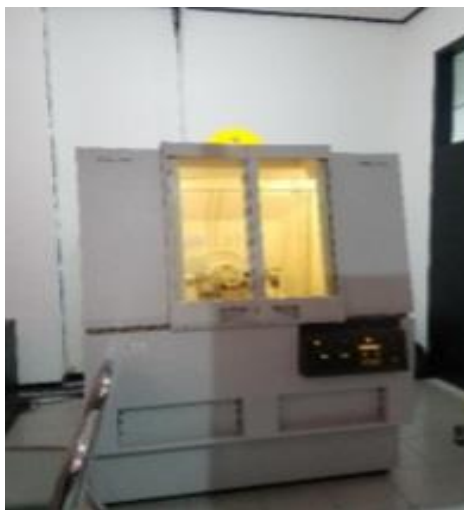
Gambar 3.16 Pengujian SEM EDX

3.4.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi Unsur Fe, Ni dan Cr setelah dilakukan proses elektroplating nikel hard krom. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian pengujian menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan



bantuan software dan data base *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) untuk mengetahui unsure yang terbentuk



Gambar 3.17 Pengujian XRD

3.3 Pengujian Tafel

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS Surabaya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji CorrTest dengan software CS Studio 5, yang terdiri dari elektroda acuan, elektroda kerja, dan elektroda bantu yang bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada larutan HCl 0,5 M, yang akan mendapatkan pola kurva polarisasi potensial material yang digunakan dengan acuan standar ASTM G-5(Standar Method for Making Potensiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement).



Prosedur pengujian polarisasi adalah sebagai berikut

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen yang belum tercoating ataupun yang telah tercoating dengan variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit , 15 menit, dan 20 menit, dan alat pengujian beserta komponennya
2. Memasang elektroda pada rangkaian polarisasi
3. Menyalakan alat uji polarisasi potensiodinamik CorrTest
4. Mengaktifkan program CR Studio 5 dan memasukan parameter pengujian lalu menjalankan program



Gambar 3.18 Pengujian Tafel



3.4 Pengujian MikroHardness



Gambar 3.19 Alat Uji Microhardness

Pengujian kekerasan permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Vickers dengan indenter dari bahan intan berbentuk piramid bujur sangkar. Pada daerah bekas penekanan akan berbentuk sudut dengan dua bidang miring yang saling berhadapan. Angka kekerasan didapat dengan mengukur kedua panjang diagonal dari hasil penekanan, kemudian dimasukkan pada persamaan berikut :

$$VHN = 1854,4 \times \frac{P}{d^2} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan :

P = Beban yang diterapkan (g/f)

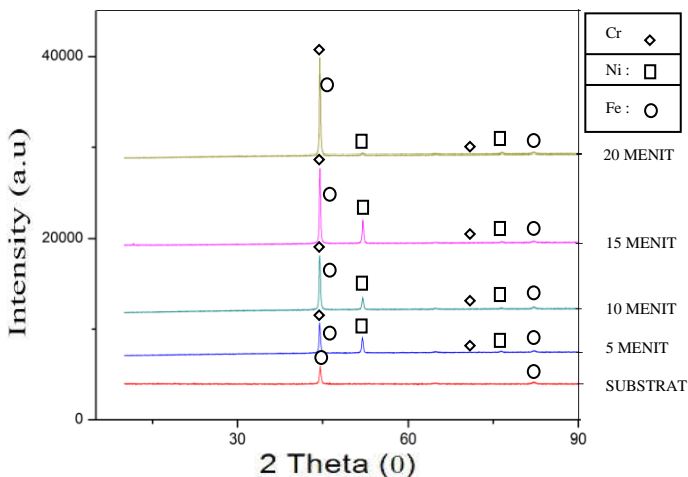
d = Diagonal rata-rata tapak tekan (μm)



BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa unsur

Untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada substrat yang dilapisi Nikel Hard krom, dilakukan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Grafik pada Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian dari beberapa sampel lapisan dengan variasi waktu pencelupan

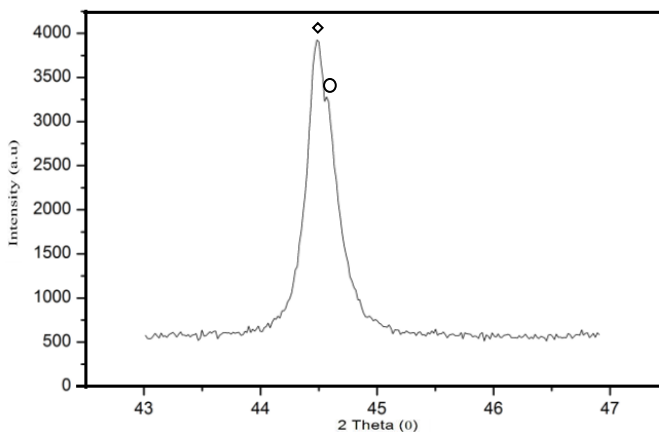


Gambar 4.1 Grafik XRD yang dilapisi nikel hard krom dengan variasi waktu pencelupan

Hasil pengujian XRD hasil dari substrak Baja AISI 4340 ditemukan 2 peak , pada Cr pada 2θ di $44,47^\circ$ dan $84,83^\circ$ hal sesuai ICCD #00-001-1251 XRD ini berkesesuaian dengan JCPDS No Cr-06-0694 yang menunjukkan bahwa karakteristik *peak* Cr berkesesuaian (Khumor pramod, 2015) . pada 2θ terdapat peak Ni $51,83^\circ$ $76,50^\circ$ sesuai dengan ICCD 01-070-1849 dan juga berkesesuaian dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya



(Marita yusrini, 2010), pada 2θ terdapat peak Fe $44,59^\circ$, $82,16^\circ$. Keberadaan dari unsur Cr dengan semakin lamanya waktu pencelupan maka intensitasnya akan semakin meningkat hal ini dikarenakan unsur Cr akan semakin menguat apabila semakin lama nya waktu pencelupan endapan pada Cr semakin lama nya waktu akan semakin banyak, hal ini juga menunjukkan bahwa Cr terdeposisi dengan baik pada substrat



Gambar 4.2 Grafik XRD Cr dan Fe

Grafik XRD Cr dan Fe saling berdekatan hal ini berkesesuaian dengan ICCD dan JCPDS Hasil pengujian XRD hasil dari substrak Baja AISI 4340 ditemukan 2 peak , pada Cr pada 2θ di $44,47^\circ$ dan $64,83^\circ$ hal sesuai ICCD #00-001-1251 XRD ini berkesesuaian dengan JCPDS No Cr-06-0694, pada 2θ terdapat peak Fe 44.5988° , $82,16^\circ$, Apabila tidak dilakukan zoom out maka akan tampak seperti menyatu pada 2θ di $44,47^\circ$ dan $44,59^\circ$ namun pada ICCD dan JCPDS bahwa peak Cr dan Peak Fe terdapat perbedaan hal ini dapat dibuktikan pada gambar diatas bahwa terdapat perbedaan pada peak Cr dan peak Fe apabila dilakukan perbesarannya



4.2 Analisa Waktu Pencelupan Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom Pada Komposisi

Dari hasil uji XRD sebelumnya bahwa terdapat unsur Cr, Ni, Fe kemudian dilakukan uji komposisi dengan menggunakan Energi Dispersive X-ray (EDX).

Tabel 4.1 merupakan hasil uji komposisi EDX dari 4 sampel Hasil Elektroplating Nikel Hard krom dengan Variasi Waktu Pencelupan

Sampel	% wt				
	Cr	Ni	Fe	O	other
5 Menit	54,74	39,89	01,98	03,40	-
10 Menit	56.61	38,29	02,43	02.67	-
15 Menit	85,75	5,21	0,10	4,15	0,10
20 Menit	90,60	05,81	0,99	02,60	-

Dari tabel tersebut masih terdapat unsur Oksigen, namun oksigen tersebut berupa persenyawaan dengan Cr yang membentuk Cr_2O_3 yang merupakan lapisan pasif yang nantinya akan memproteksi logam dari serangan korosi. Senyawa tersebut diduga terbentuk karena terjadinya paparan oksigen yang cukup lama pada permukaan sampel sebelum sampel diuji SEM-EDX. Dengan meningkatnya variasi waktu pencelupan maka akan meningkatkan komposisi Cr hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan maka endapan dari Cr akan semakin banyak, hal ini berkesesuaian dimana proses elektroplating yang dipengaruhi waktu pencelupan akan meningkatkan komposisi

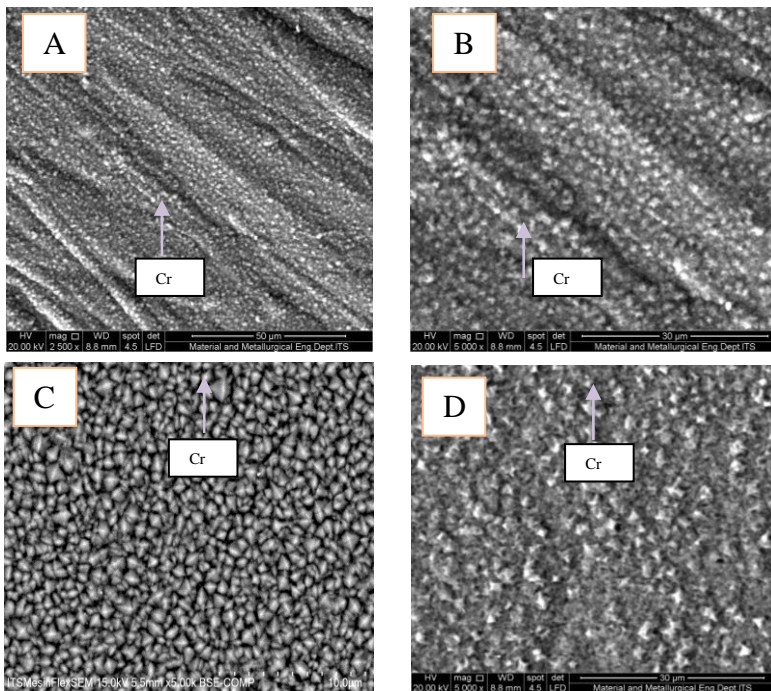


diakibatkan endapan yang semakin banyak seiring dengan peningkatan waktu pencelupan. Pada variasi 15 menit juga terdapat komposisi lainnya seperti Si Mn hal ini tidak akan mempengaruhi dari hasil coating tersebut dikarenakan unsur tersebut adalah unsur dari pembentuk Baja AISI 4340 dan dari presentase komposisi tersebut tidak akan mempengaruhi Lapisan dasar Nikel dan lapisan hard krom

4.3 Analisa Waktu Pencelupan Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom Pada Morfologi

4.3.1 Analisa Morfologi Permukaan

Pada pengujian sebelumnya dengan menggunakan XRD bahwa terdapat unsur Cr Ni dan Fe setelah dilakukan coating pada baja AISI 4340 serta dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengujian komposisi bahwa semakin meningkatnya waktu pencelupan maka akan meningkatkan Cr hal ini dikarenakan bahwa endapan Cr semakin lamanya waktu pencelupan akan semakin meningkat. Pada Pengujian morfologi permukaan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan untuk melihat dan menganalisa morfologi dari sampel lapisan Hard Krom. Gambar 4.2 merupakan hasil uji SEM dari sampel lapisan elektroplating Hard Krom dengan variasi waktu pencelupan.



Gambar 4.3 Sample A Variasi waktu Pada variasi 5 menit sample B merupakan variasi waktu 10 menit ; sample C merupakan variasi waktu 15 menit; sample D merupakan variasi waktu 20 menit

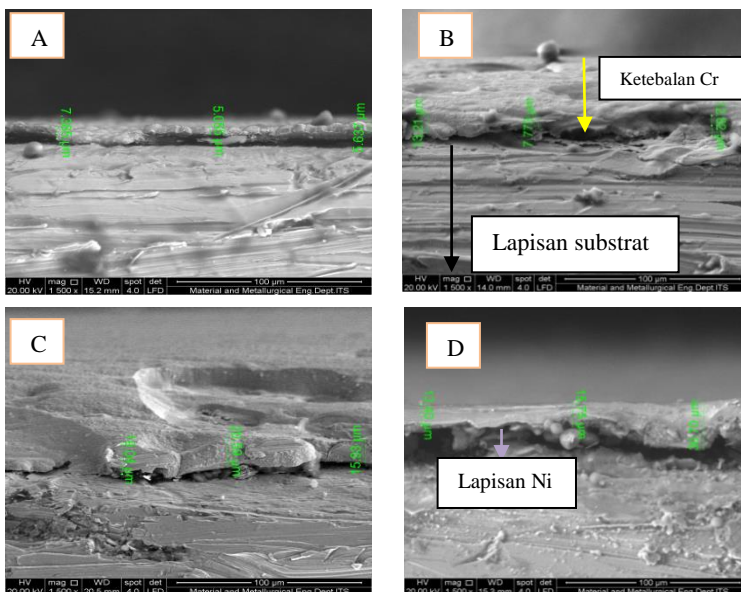
Pada sampel (a) yaitu variasi waktu pencelupan 5 menit dapat dilihat terdapat beberapa Cr yang mengendap pada variasi 5 menit dan beberapa gumpalan kecil berwarna putih. Titik putih tersebut diidentifikasi merupakan krom . Pada sampel (b) yaitu variasi waktu, pencelupan 10 menit gumpalan menjadi lebih besar dan endapan pada Cr menjadi lebih banyak. Bertambah nya variasi waktu pencelupan maka ukuran gumpalan semakin besar dan



endapan Cr semakin meningkat, sehingga pada sampel (c) dan (d) yaitu 15 menit dan 20 menit, gumpalan putih tersebut juga semakin membesar dan endapan Cr akan semakin meningkat. Dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat variasi waktu maka endapan Cr akan semakin banyak dan membentuk gumpalan gumpalan besar pada substrat hal ini juga membuktikan bahwa semakin meningkatnya endapan dan meningkatnya ukuran butir pada Cr akan meningkatkan komposisi pada Cr yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Seiring dengan naiknya variasi waktu pencelupan pada proses elektroplating, maka krom nya telah menutupi permukaan substrat, hal ini dapat ditinjau dari gambar 4.2 dimana pada hasil pengujian SEM, lapisan permukaan substrat telah tertutupi oleh Krom akibat endapan krom yang meningkat sesuai dengan peningkatan waktu pencelupan dan terjadi pembentukan butir Butir krom yang terdepositasi sehingga menutupi permukaan substrat.



4.3.2 Analisa Waktu Pencelupan Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom pada Ketebalan Permukaan Coating



Gambar 4.4 Sample A Ketebalan variasi waktu 5; Sample B Ketebalan variasi waktu menit 10; Sample C ketebalan variasi waktu menit 15; Sample D ketebalan variasi waktu 20 menit

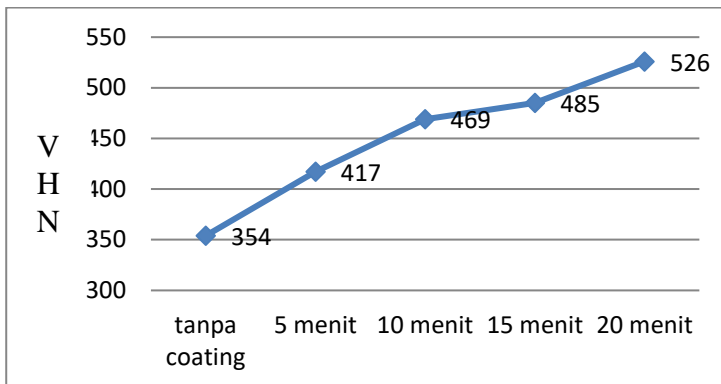
Dari hasil pengujian sebelumnya bahwa semakin meningkatnya waktu pencelupan maka akan semakin meningkatnya hasil komposisi pada Cr hal ini dikarenakan semakin lamanya waktu pencelupan akan mengakibatkan endapan Cr semakin meningkat pada permukaan dan menyebabkan butir butir pada Cr akan semakin membesar dan menutupi permukaan substrat. Pada pengujian selanjutnya menggunakan SEM Cross section dengan melakukan benda kerja arah vertikal, pada Hasil cross section ketebalan dilakukan pemotongan terlebih dahulu



dengan menggunakan grinda hal ini menyebabkan pada permukaan substrat terdapat garis lurus yang menandakan hasil arah pemotongan gerinda yang mengakibatkan pada permukaan kasar akibat pemotongan gerinda kemudian pada garis hitam merupakan penanda lapisan substrat dari baja AISI 4340, pada garis orange merupakan lapisan dari nikel, lapisan nikel dan Fe memiliki kesamaan pada warnanya (Mahendra arya, 2017). Pada sample A elektroplating variasi waktu pencelupan didapat ketebalan coatingnya adalah 6,029 μm , dari sample B pada variasi waktu 10 menit didapatkan ketebalan coatingnya adalah 11,27 μm , pada sample C didapatkan ketebalan coatingnya 18,52 μm , dan sample D didapatkan ketebalan coatingnya 19,95 μm . Dapat disimpulkan bahwa apabila pada variasi waktu pencelupan maka akan mempengaruhi ketebalan coating pada permukaannya semakain lama waktu pencelupan maka endapan pada Cr akan semaki banyak dan butir-butir dari Cr akan semakin membesar dan akan menutupi permukaan substrat hal inilah yang mempengaruhi dari ketebalan coating bahwa dengan meningkatnya waktu pencelupan maka ketebalan coating akan semakin meningkat, sehingga apabila waktu pencelupan semakin lama akan semakin meningkatkan ketebalan pada permukaan substrat



4.4 Analisa Waktu Pencelupan Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom Pada Kekerasan



Gambar 4.5 Grafik uji Mikrohardness yang dilapisi nikel hard krom dengan variasi waktu pencelupan

Dari grafik gambar 4.5 diatas dengan pengaruh variasi waktu 5 menit , 10 menit, 15 menit, 20 menit dan tanpa dilakukan coating dengan pengujian mikro hardness. Pada variasi waktu 5 menit hasil yang didapat adalah 417 VHN, kemudian pada variasi waktu 10 menit hasil yang didapat adalah 469 VHN, pada variasi waktu 15 menit hasil yang didapat adalah 485 VHN, pada variasi waktu 20 menit hasil yang didapat adalah 526 VHN dan pada substrat yang tidak dilakukan coating 354 VHN. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi waktu 20 menit, sementara nilai kekerasan terendah didapatkan pada variasi waktu 5 menit. Dapat disimpulkan apabila tanpa dilakukan coating nilai pada kekerasan 345 VHN namun ketika dilakukan proses elektroplating hasil kekerasan meningkat hal ini dapat dilihat dari hasil dan grafik diatas, Waktu pencelepan pun berpengaruh pada nilai kekerasan tersebut, hal ini dikarenakan bahwa dengan meningkatkan waktu pencelupan menyebabkan semakin banyak ion krom yang mengendap sehingga meningkatkan nilai kekerasan, sebagaimana diketahui Cr memiliki sifat



meningkatkan kekerasan maka hal tersebut yang mempengaruhi peningkatan kekerasan. Pada variasi waktu pencelupan Cr maka akan semakin lama Cr mengendap pada katoda dan butir butir pada Cr akan semakin banyak dan menutupi lapisan substrat yang meningkatkan nilai kekerasan

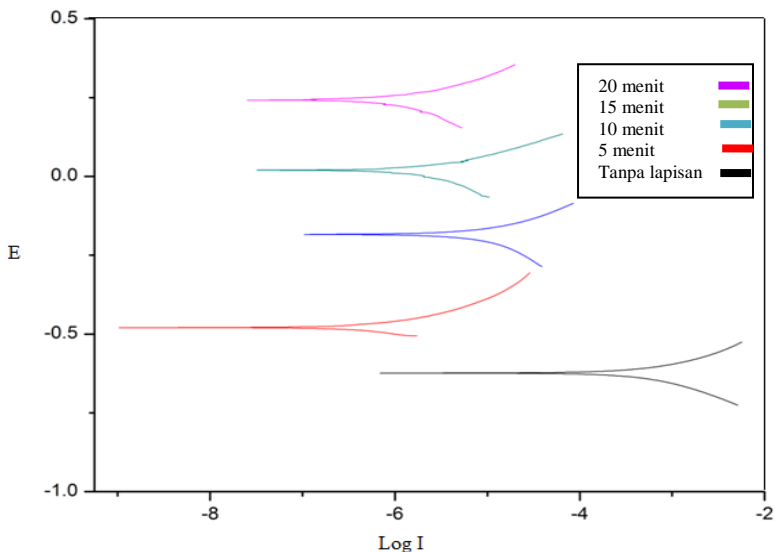
4.5 Analisa Waktu Pencelupan Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom Pada Ketahanan Korosi

4.5.1 Parameter pengujian potensiodinamik

Tabel 4.1 Parameter pengujian potensiodinamik

Elektroda Kerja	Baja AISI 4340
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl
Densitas(g/cm ³)	7,8
Luasan Terekspose (Cm ²)	1
Scan Rate(mV/s)	10

Parameter diatas diinput pada software cortest 5.5 untuk mendapatkan tafel E vs Log(i) dimana elektroda kerja merupakan sample uji, elektroda bantu brupa grafik sebagai pensuplai arus ke elektroda kerja dan elektroda acuan sebagai pembanding nilai potensial



Gambar 4.6 Grafik Tafel I corr, E corr dan Corrosion Rate yang dilapisi nikel hard krom dengan variasi waktu pencilupa

Dari gambar 4.6 diatas proteksi korosi cenderung proteksi anodik , sebelum dilakukan pengujian tafel dilakukan terlebih dahulu penginputan data dengan memasukan data Screen Rate 1 MV , kemudian Densitas ini dimasukan densitas stainless steel dimana baja Ni Cr yang mana memiliki kesamaan pada Stainless steel 7,7, kemudian luas penampang 1X1 Cm². Kemudian baru dilakukan pengujian tafel, dari grafik tersebut dapat dikatakan cenderung proteksi anodik dikarenakan yang terjadi grafik yang menaik,dapat ditinjau dari substrat dengan grafik terrendah pada warna hitam, kecenderungan pada proteksi anodik ini akan memproteksi terjadi nya Cl- yang masuk, sehingga dapat menimbulkan terjadinya korosi. Ditinjau dari hasil



pengujian tafel, maka corrosion rate pada Substrat Baja AISI 4340 corrosion ratenya adalah 18,97 mm/a, kemudian pada variasi 5 menit corrosion rate nya adalah 0,271 mm/a, pada 10 menit corrosion rate adalah 0,100 mm/a, dalam 15 menit corrosion ratenya adalah 0,080 mm/a, pada 20 menit corrosion rate nya adalah 0,040 mm/a. laju korosi yang paling terendah pada

variasi waktu 20 menit 0,040mm/a sedangkan pada variasi waktu 5 menit adalah yang tertinggi 0,271 mm/a dan tanpa menggunakan lapisan corrosion ratenya 18,97 mm/a, pengaruh dari variasi waktu pencelupan adalah dikarenakan endapan pada variasi waktu yang semakin lama akan mengakibatkan endapan Cr semakin banyak dan butir Cr yang terbentuk semakin besar sehingga tidak terdapat rongga pada Cl^- dan juga sifat dari Cr yang akan memproteksi korosi serta juga terdapat lapisan dasar Ni yang memproteksi dari Cl^- , dikarenakan pada Cr dan Ni saling meningkatkan sifat ketahanan korosi sehingga laju korosi semakin rendah apabila variasi waktu meningkat



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisis yang dilakukan didapatkan dapat diambil kesimpulan:

1. Ketebalan tertinggi berada pada 20 menit $19,95\mu\text{m}$ dan terendah berada pada 5 menit $6,02\mu\text{m}$ Nilai kekerasan tertinggi juga terjadi pada 20 menit 526 HVN dan nilai kekerasan terendah terjadi pada 5 menit 417 HVN sedangkan substrat Baja AISI 4340 354 HVN, waktu 20 menit corrosion ratenya terendah $0,040\text{ mm/a}$, serta corrosion rate tertinggi terjadi pada variasi waktu 5 menit corrosion ratenya adalah $0,271\text{ mm/a}$, sedangkan material substratnya corrosion ratenya adalah $18,97\text{ mm/a}$.
2. Mekanisme yang terjadi pada saat pencelupan adalah pada saat CrO_3 dilarutkan dalam aquades maka akan terjadi ionisasi. Akan terbentuk ion $\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$ dan akan cenderung membentuk asam dikromat dimana asam dikromat tersebut masih dalam lingkungan aquades dan akan mengion kembali dan membentuk ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ini akan bereaksi pada Katoda ketika di alirkan arus dan menyebabkan terjadi 3 reaksi secara simultan yang pertama pengendapan Cr, pelepasan H_2 , dan pembentukan Ion Cr. Semakin lama waktu pencelupan maka pengendapan akan semakin banyak



5.2 Saran

1. Diperlukan persiapan sebelum dilakukannya elektroplating Hard Krom, dikarenakan ketika arus dialirkan dalam larutan CrO_3 akan mengakibatkan Asap Cr yang beracun yang mengakibatkan mual-mual akibat Cr dapat masuk melalui saluran pernapasan apabila tidak mempersiapkan masker N95 dan kipas angin serta diperlukan ventilasi yang cukup.
2. Diperlukan tindak lanjut dengan penggunaan variable signifikan dengan penggunaan data yang lebih banyak agar dapat menemukan hasil yang optimal

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M.A.,(2011) , *Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*, Tugas Akhir TeknikMesin, Universitas Hasanudin Makasar.

ASM Handbook Comitee.(1964). *Metals Handbook Ohio*.

ASTM Handbook Comitee.(1982). *Annual Book of ASTM Standarts Part-9 Philadelphia*.

Anas Hadi (2002). *Pengaruh Potensial dan Waktu Celup terhadap ketebalan kepadatan coating Emas dan Tembaga*, Surabaya.

Anton,H.(1992). *Mengenal Coating pada Logam dengan metode Elektroplaiting*.Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Huda,S.(2005),*Teknologi Industri Elektroplating*, BadanPenerbitUniversitas Diponegoro: Semarang.

Irwanto. (2010). *Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Pemerata Arus terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda pada Elektroplating Tembaga Asam untuk Baja Karbon Sedang*.(Skripsi): Universitas Lampung. BandarLampung.

Kumor Pramod (2015) *Characterization of Chromium Electrodeposition Obtained From Trivalent Electrlytes Containing Formaldehyde as additive*. India: Karunya University.

Malau, V. (2009). *Sifat-sifat lapisan hard chrome pada baja S45C dengan variasi tegangan, suhu, dan lama pelapisan*, Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Paridawati.(2013). *Analisa Besar Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome pada Plat Baja dengan Proses Elektroplating*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Vol 1. No 1. Hal 36-44.

Primasari Git (2012) *Pengaruh Kecepatan Potong Pada Turning Process Terhadap Kekerasan dan Kedalaman Pengerasan Baja AISI 4340*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Roberge, P.(1999) *Advances in corrosion resistance materials methods and protective coatings Handbook of Corrosion Engineer*

Rozak Ainur (2017). *Analisis Kepadatan Pada Proses Pelapisan Nikel dengan variasi tegangan dan lama waktu pencelupan Baja ST 41*. Surabaya:Universitas Negeri Surabaya

Shaleh, A. (2014), *Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*, CV YRAMA WIDYA :Bandung

Suarsana,K. (2008) *Pengaruh Pelapisan Nikel pada Tembaga pada Khrom Dekoratif terhadap Tingkat Kecerahan dan Ketebalan lapisan*. Jurnal Ilmiah Mesin Cakram Vol 2 No 1 : Teknik Mesin Universitas Udayana

Suherman, W. (1999). *Ilmu Logam 2*. Surabaya: ITS Press.

Tarwijayanto,D. (2013) . *Pengaruh Arus dan Waktu Pelapisan Hard krom terhadap Ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 dengan menggunakan CrO₃ 250 gr/lit dan H₂SO₄ 2,5gr/lit Pada proses Elektroplating*.

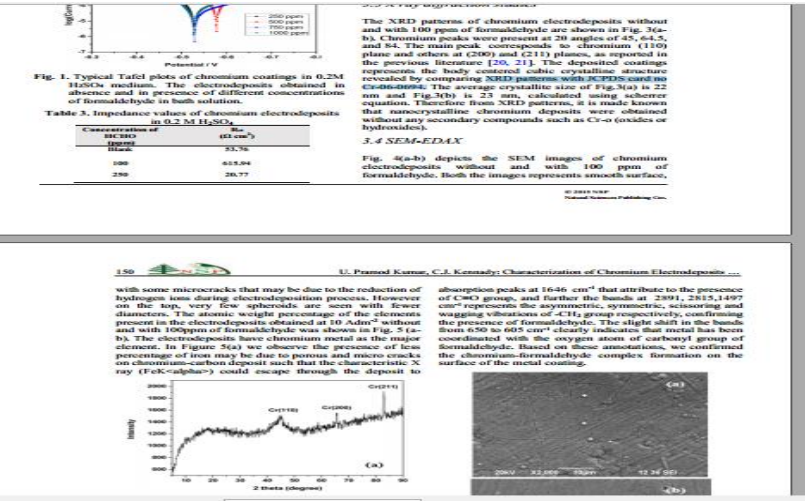
Thomson, D.J. (2000). *Localized Electrochemical Deposition of Copper Microstructure*. Journal of the Electrochemical Society. Vol. 147. No. 2. Pp 586-591

Trethewey, K.R., dan J. Chamberlain, 1991, *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.

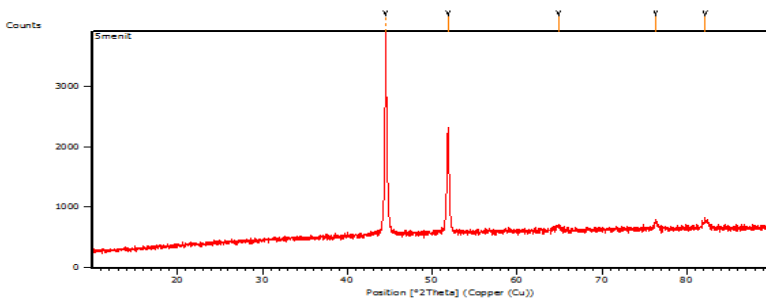
Wahyono, S. (1996). *Penentuan Variabel Pelapisan Krom Keras pada Cetakan Tempa..* Jakarta: Universitas Indonesia

LAMPIRAN

Lampiran 1: Jcpds Krom



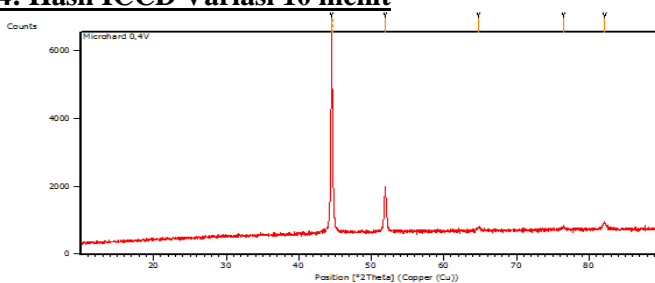
Lampiran 3: Hasil ICCD Variasi 5 menit



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
44.4732	3286.59	0.1224	2.03550	100.00
44.5988	2433.53	0.0816	2.03510	74.04
51.8786	1732.64	0.1428	1.76101	52.72
64.8358	79.35	0.6528	1.43688	2.41
76.3954	123.71	0.1632	1.24568	3.76
82.1684	160.90	0.3264	1.17215	4.90

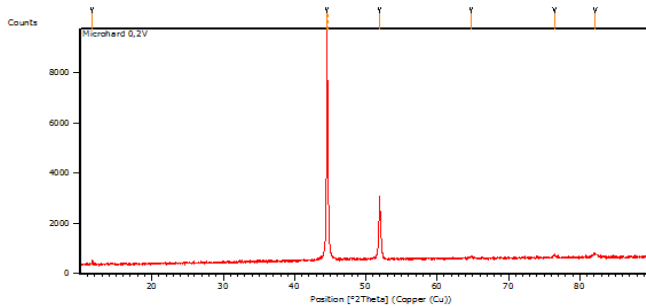
Lampiran 4: Hasil ICCD Variasi 10 menit



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
44.4818	5769.72	0.1836	2.03513	100.00
44.6099	4289.47	0.0816	2.03462	74.34
51.9176	1320.79	0.2040	1.75978	22.89
64.8298	109.11	0.2448	1.43700	1.89
76.4757	70.56	0.4896	1.24457	1.22
82.1500	195.30	0.4080	1.17237	3.38

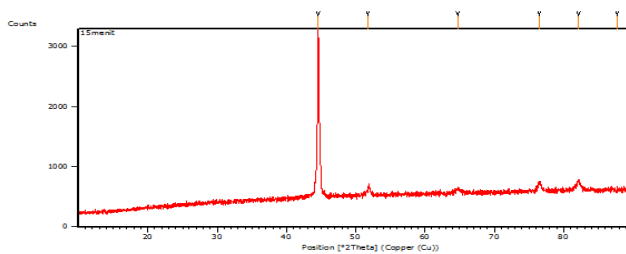
Lampiran 5 :Hasil ICCD Hasil 15 menit



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.6497	212.60	0.0669	7.59638	2.32
44.5163	8767.06	0.1224	2.03363	100.00
44.6412	6357.26	0.0816	2.03327	69.48
51.9451	2442.76	0.1836	1.75891	26.70
64.7999	69.76	0.4896	1.43759	0.76
76.4169	116.52	0.3264	1.24538	1.27
82.1677	138.06	0.6528	1.17216	1.51

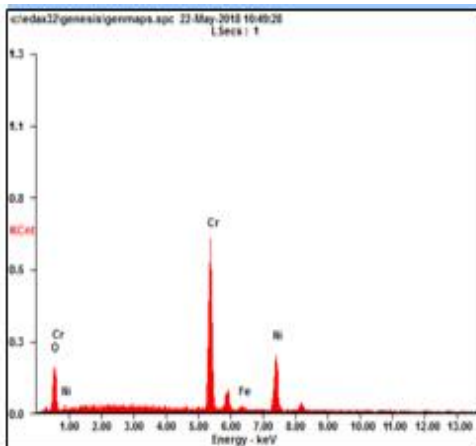
Lampiran 6 : Hasil ICCD Hasil 20 menit



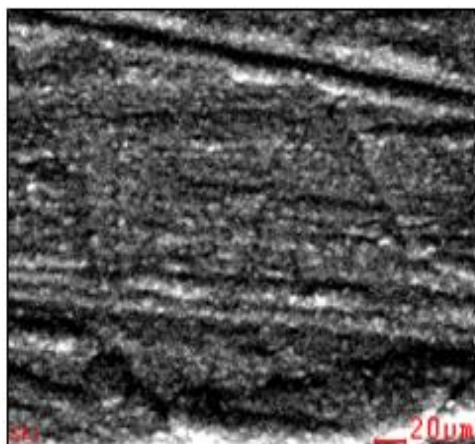
Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
44.5755	11212.35	0.1673	2.03275	100.00
51.8308	152.99	0.2676	1.76398	5.71
64.7398	68.69	0.5353	1.43997	0.25
76.5057	141.06	0.3346	1.24519	5.27
82.1712	162.25	0.4015	1.17309	6.06
87.7300	64.75	0.1224	1.11160	2.42

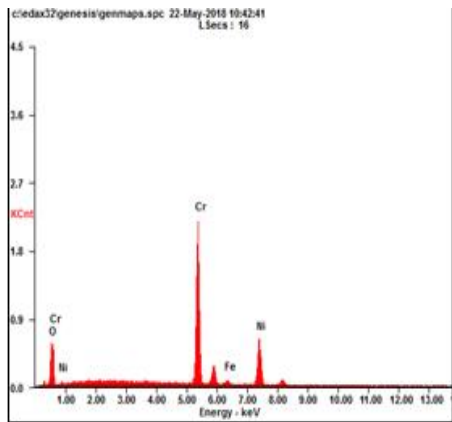
Lampiran 7: Hasil EDX Hasil 5 Menit



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	03.40	10.73
<i>CrK</i>	54.74	53.17
<i>FeK</i>	01.98	01.79
<i>NiK</i>	39.89	34.31
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

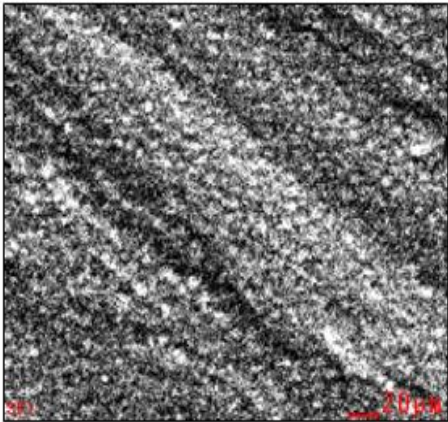


Lampiran 7: Hasil EDX Sampel 10 Menit

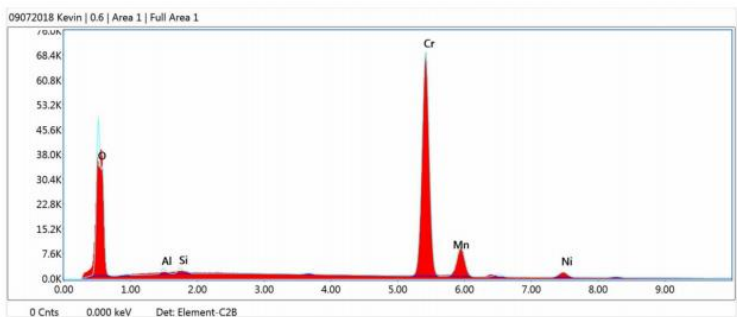


Element	Wt%	At%
OK	02.67	08.56
CrK	56.61	55.79
FeK	02.43	02.23
NiK	38.29	33.42
Matrix	Correction	ZAF

I

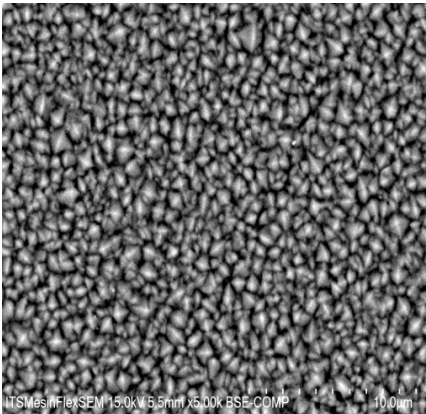


Lampiran 8 : Hasil EDX sample 15 menit

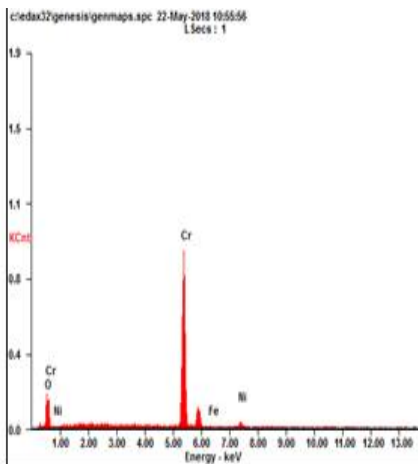


Smart Quant Results

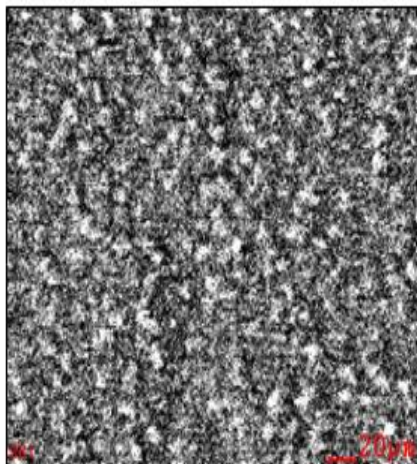
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	4.15	12.31	640.52	5.41	0.0329	1.2786	0.6196	1.0000
AlK	0.60	1.06	70.19	8.28	0.0033	1.1373	0.4846	1.0022
SiK	0.53	0.89	77.28	6.95	0.0038	1.1624	0.6103	1.0037
CrK	85.75	78.28	4549.17	2.04	0.8481	0.9850	0.9995	1.0046
MnK	3.66	3.25	164.11	3.50	0.0361	0.9640	0.9893	1.0067
NIK	5.21	4.21	125.85	4.92	0.0489	0.9869	0.9411	1.0108



Lampiran 9 : Hasil EDX 20 menit



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	02.60	08.03
<i>CrK</i>	90.60	86.20
<i>FeK</i>	00.99	00.88
<i>NiK</i>	05.81	04.90
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Lampiran 10: Hasil Uji tafel 5 Menit

Tafel	Linear Fit	Integration	Noise
Cell Info	Modify Data	Rp Fit	Tafel(LEV)

Settings:

S-G Coef(mV)

Data Range:

☒ Auto
☐ Selected Data
☐ Potential Range(volts)

To

Fitting Results:

Rp(Ohms/cm^2~) = 2249.8
Io(A/cm^2~) = 8.0009E-06
Eo(V) = -0.5182
Corrosion Rate(mm/a) = 0.27115

Lampiran11: Hasil Uji tafel 10 menit

Tafel	Linear Fit	Integration	Noise
Cell Info	Modify Data	Rp Fit	Tafel(LEV)

Settings:

S-G Coef(mV)

Data Range:

☒ Auto
☐ Selected Data
☐ Potential Range(volts)

To vs OCP ▼

Fitting Results:

$R_p(\text{Ohms/cm}^2) = 2098.8$
 $I_o(\text{A/cm}^2) = 8.5761\text{E-}06$
 $E_o(\text{V}) = -0.52282$
 $\text{Corrosion Rate}(\text{mm/a}) = 0.10061$

Lampiran 12 : Hasil Uji tafel 15 Menit

Cell Info	Modify Data	Rp Fit	Noise	Tafel(LEV)
Settings: S-G Coef(mV) <input type="text" value="18"/>		Data Range: <input checked="" type="radio"/> Auto <input type="radio"/> Selected Data <input type="radio"/> Potential Range(volts) -0.02 To 0.02 vs OCP ▼		
Fitting Results: Rp(Ohms/cm ² ~) = 7542.4 Io(A/cm ² ~) = 2.3865E-06 Eo(V) = -0.55358 Corrosion Rate(mm/a) = 0.08088				

Lampiran13: Hasil Uji tafel 20 Menit

Tafel	Linear Fit	Integration	Noise
Cell Info	Modify Data	Rp Fit	Tafel(LEV)

Settings:

S-G Coef(mV)

Data Range:

☒ Auto
☐ Selected Data
☐ Potential Range(volts)

To vs OCP ▼

Fitting Results:

$R_p(\text{Ohms/cm}^2) = 15165$
 $I_o(\text{A/cm}^2) = 1.187\text{E-}06$
 $E_o(\text{V}) = -0.55636$
 $\text{Corrosion Rate}(\text{mm/a}) = 0.040226$

Lampiran 14 : Hasil Uji Tafel Tanpa Coating

Tafel	Linear Fit	Integration	Noise
Cell Info	Modify Data	Rp Fit	Tafel(LEV)

Settings:

S-G Coef(mV)

Data Range:

☒ Auto
☐ Selected Data
☐ Potential Range(volts)

To vs OCP ▼

Fitting Results:

$R_p(\text{Ohms/cm}^2) = 32.147$
 $I_o(\text{A/cm}^2) = 0.00055992$
 $E_o(\text{V}) = -0.62424$
Corrosion Rate(mm/a) = 18.976

Lampiran 14: Hasil Uji MikroHardness

No	Variasi 5 Menit	Variasi 10 Menit	Variasi 15 Menit	Variasi 20 Menit	Raw Material
1	473 VHN	488 VHN	508 VHN	491 VHN	361,1 VHN
2	385 VHN	473 VHN	450 VHN	548 VHN	334,5 VHN
3	395 VHN	447 VHN	497 VHN	540 VHN	369,0 VHN
Total	417 VHN	469 VHN	485 VHN	526 VHN	354,8 VHN

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Mohammad Adnan Rachmadi, Lahir di Jakarta, 25 November 1996 Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 4 Gumawang Kecamatan Belitang Kabupaten Oku Timur. Kemudian dilanjutkan pada jenjang pertama di SMP N 1 Belitang di kabupaten Oku Timur Sumatera Selatan .

Selanjutnya dilanjutkan kejenjang atas di SMAN 3 Martapura dikabupaten Oku

Timur Sumatera Selatan. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di departemen teknik material metalurgi FTI ITS di kota Surabaya. Selama menempuh perkuliahan penulis sudah mengikuti beberapa pelatihan yang terdapat di kampus, seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra-Tingkat Dasar (LKMM Pra TD), Pelatihan Karya Tulis Ilmiah, Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar. Pelatihan kewirausahaan tingkat dasar. Selain itu, penulis juga menjadi staff Badan Semi Otonom Material Techno Club di himpunan Mahasiswa Teknik Material Metalurgi, Menjadi staff di Badan Semi Otonom di Kewirausahaan di himpunan Mahasiswa Teknik Material Metalurgi, Serta Staff Fundraising di National Association of Corrosion Engineers.. Penulis sempat melakukan kerja praktek di PT Pupuk Sriwidjaja yang berlokasi di Palembang Sumatera Selatan

Tugas Akhir yang diambil oleh penulis yaitu adalah pada bidang korosi yang berjudul "Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Kekerasan, Ketebalan, dan Ketahanan



ugasAkhir

Departemen Teknik MaterialFTI – ITS

Korosi Hasil Elektroplating Nikel Hard Krom pada Baja AISI 4340”.